Oftalmologia e Otorrinolaringologia
Edição X
EDITORA PASTEUR



Capítulo 10

USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO DIAGNÓSTICO E ACOMPANHAMENTO DAS DOENÇAS DA RETINA

BRUNA VILELA RIBEIRO[1]
YNAHE CRISTINE DE FONTES PEREIRA[1]
JOSÉ FERNANDO NASCIMENTO SCATOLIN[1]
ÂNGELO GABRIEL MARTINS SOUZA[1]
CAMILLE CAMARGO SANTOS COELHO[1]
EDUARDA MAYUMI FUGISAWA DE MELLO[1]
GABRIELLE BATISTA GARROTE[1]
ISABELA PENA LOPES[1]
JORDANA NAOMI TAKAHASHI[1]
MATHEUS FURBINO BARBOSA MACEDO[1]
NICOLE STELLA TOMAIN SOUSA[1]
PEDRO UEHARA PRETTI[1]

[1]Universidade Nove de Julho (UNINOVE), Faculdade de Medicina, São Paulo, SP, Brasil.

Palavras-chave: *Inteligência Artificial; Retinopatia Diabética; Degeneração Macular Relacionada à Idade.*

DOI **10.59290/4199320006**

INTRODUÇÃO

As patologias retinianas, com destaque para a retinopatia diabética (RD) e a degeneração macular relacionada à idade (DMRI), figuram entre as principais causas de deficiência visual irreversível e cegueira em todo o mundo. O manejo eficaz dessas condições exige diagnóstico precoce e acompanhamento rigoroso, a fim de evitar danos estruturais permanentes e a perda funcional da visão. Contudo, os métodos tradicionais de avaliação fundoscópica e análise manual de exames complementares enfrentam desafios crescentes na prática médica, incluindo a escassez de especialistas em regiões remotas, a variabilidade inter e intra-observadora e a elevada demanda populacional por rastreamento. Nesse cenário, a busca por soluções tecnológicas que otimizem a precisão diagnóstica e a eficiência assistencial tornou-se uma prioridade na oftalmologia moderna.

Nos últimos anos, a inteligência artificial (IA) e o aprendizado de máquina (*machine learning* e *deep learning*) consolidaram-se como pilares transformadores na propedêutica ocular e no processamento de exames de imagem, sobretudo na tomografia de coerência óptica (OCT) e na retinografia digital. Ao reconhecer padrões anatômicos complexos com elevada acurácia, os algoritmos inteligentes oferecem suporte decisivo tanto no rastreamento primário quanto no monitoramento longitudinal das afecções vitreorretinianas. A capacidade do processamento automatizado de quantificar alterações microscópicas reposicionou a IA não apenas como uma ferramenta utilitária de triagem, mas como um elemento estratégico na personalização da conduta terapêutica.

No âmbito do rastreamento primário, a validação de sistemas autônomos de IA demonstrou um impacto substancial no manejo da retinopatia diabética. A implementação de algoritmos treinados para identificar formas referíveis da doença em imagens de fundo de olho viabilizou a triagem em larga escala no nível da atenção primária. Esses sistemas otimizam a fluidez do fluxo de atendimento especializado ao filtrar os casos prioritários, reduzindo o tempo de espera para intervenção e prevenindo complicações microvasculares graves em populações de alto risco metabólico.

Simultaneamente, no acompanhamento de afecções maculares crônicas como a DMRI, a aplicação da IA na interpretação de volumes de OCT atingiu níveis avançados de detalhamento estrutural. Algoritmos de segmentação automatizada permitem mapear e mensurar com precisão o fluido intraretiniano, o fluido subretiniano e o descolamento do epitélio pigmentado da retina (EPR), superando a subjetividade e a limitação temporal dos parâmetros anatômicos mensurados manualmente. A identificação contínua e a quantificação desses biomarcadores oferecem uma avaliação reprodutível da extensão do dano tecidual.

Complementando a análise anatômica estática, a integração desses modelos na prática clínica real tem revelado uma forte correlação entre a dinâmica dos biomarcadores automatizados e os desfechos funcionais dos pacientes. A aferição contínua do volume de fluido e de biomarcadores estruturais durante o tratamento com terapias antiangiogênicas (anti-VEGF) correlaciona-se diretamente com a estabilização ou ganho de acuidade visual. Essa abordagem possibilita antecipar a resposta terapêutica e ajustar os regimes de aplicação de forma individualizada, evoluindo de esquemas fixos para estratégias flexíveis baseadas na atividade real da doença.

Apesar dos resultados promissores, a literatura atual reflete uma heterogeneidade metodológica que exige análise criteriosa. As variações

nos algoritmos de treinamento, a divergência de desempenho entre diferentes plataformas de OCT e os desafios de validação externa em populações étnicas distintas destacam a necessidade de consolidar as evidências científicas disponíveis. Compreender os limites de sensibilidade e as restrições ético-operacionais dessas ferramentas é fundamental para assegurar sua transição segura da pesquisa para a rotina clínica.

Nesse contexto, compreender o papel da inteligência artificial no diagnóstico e no seguimento das doenças da retina é essencial para a prática médica contemporânea. O uso crescente de ferramentas algorítmicas em pacientes com vasculopatias e degenerações maculares torna o tema especialmente relevante para retinólogos, oftalmologistas gerais, endocrinologistas e gestores de saúde. Mapear o avanço desses biomarcadores e métodos de triagem permitirá aprimorar o atendimento aos pacientes, evitar casos de cegueira e consolidar a oftalmologia de precisão.

O objetivo deste estudo foi reunir, analisar e sintetizar criteriosamente as evidências científicas disponíveis sobre as principais aplicações da inteligência artificial no diagnóstico, rastreamento e acompanhamento das doenças da retina, com ênfase na retinopatia diabética e na degeneração macular relacionada à idade. Ao integrar os resultados de diferentes metodologias e contextos clínicos, pretende-se oferecer uma visão abrangente e atualizada sobre o potencial dessas tecnologias na identificação precoce e no monitoramento da progressão das doenças retinianas, destacando seus benefícios, limitações e perspectivas futuras de aplicação na prática clínica, visando contribuir para o aprimoramento da assistência oftalmológica e para a incorporação segura e eficiente dessas tecnologias.

MÉTODO

Trata-se de uma revisão narrativa abrangente da literatura médica, realizada entre agosto e outubro de 2026, por meio de pesquisas dos artigos realizada na base de dados PubMed. Foi utilizado os descritores "*Artificial Intelligence*", "*Retina*", "*Diagnosis*" e "*Monitoring*". Desta busca, foram encontrados oito artigos, posteriormente submetidos aos critérios de seleção.

Os critérios de inclusão foram: artigos no idioma inglês; publicados no período de 2021 a 2026 e que abordavam as temáticas propostas para esta pesquisa, estudos do tipo ensaios clínicos, estudo comparativo, estudo observacional, revisão sistemática, meta-análises, disponibilizados na íntegra. Os critérios de exclusão foram: artigos duplicados, disponibilizados na forma de resumo, que não abordavam diretamente a proposta estudada e que não atendiam aos demais critérios de inclusão. Após os critérios de seleção restaram seis artigos que foram submetidos à leitura minuciosa para a coleta de dados.

Os resultados foram apresentados de forma descritiva, divididos em categorias temáticas abordando: fisiopatologia, mecanismos de ação, evidências clínicas, segurança e perspectivas terapêuticas sobre o uso da inteligência artificial no diagnóstico e acompanhamento das doenças da retina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisar os seis artigos selecionados para este estudo, fica claro que a medicina está mudando a forma de diagnosticar e acompanhar os problemas na retina. O uso de algoritmos de inteligência artificial deixou de ser uma promessa de laboratório para se tornar uma ferramenta

prática, capaz de analisar exames com uma velocidade e uma precisão que a visão humana, isoladamente, dificilmente consegue alcançar no dia a dia. Essa transformação se destaca principalmente no combate a duas grandes causas de perda de visão no mundo: a retinopatia diabética e a degeneração macular relacionada à idade, tanto na forma exsudativa quanto na atrófica.

No rastreamento da retinopatia diabética, o grande desafio das redes de saúde sempre foi conseguir examinar milhões de pacientes antes que as lesões levassem a danos irreversíveis. A revisão realizada por Yang *et al.* (2025) avaliou como o uso de aprendizado profundo em fotos do fundo de olho pode mudar essa realidade na atenção primária. Os autores observaram que os sistemas automatizados conseguem identificar casos graves da doença com taxa de acerto superior a 90%, funcionando como um filtro inicial de altíssima confiabilidade.

O grande benefício dessa aplicação, como apontado por Yang *et al.* (2025), é evitar que pacientes com lesões graves fiquem perdidos nas filas de espera. Como o sistema identifica automaticamente quem precisa de atendimento urgente, o retinólogo recebe apenas os casos que realmente demandam tratamento imediato. Além disso, a tecnologia consegue notar pequenas alterações nos vasos sanguíneos, como microaneurismas e pequenas hemorragias, de forma constante, sem sofrer com o cansaço ou com a subjetividade que costumam afetar os exames manuais quando feitos em grande escala.

Já no ambiente das consultas especializadas, a inteligência artificial ganha espaço ao interpretar os exames de tomografia de coerência óptica, o OCT. Na degeneração macular relacionada à idade na sua forma neovascular, a visão do paciente depende de controlar os vazamentos de fluido na retina com injeções frequentes de remédios antiangiogênicos. Por muito tempo, os médicos usaram a espessura da retina no ponto central como o principal parâmetro para decidir se aplicavam ou não a medicação.

Entretanto, o estudo de Eidenberger *et al.* (2026) mostrou que olhar apenas para a espessura central pode enganar. Analisando dados de pacientes na prática clínica real, os pesquisadores usaram algoritmos para medir, de forma separada e em três dimensões, o volume exato do fluido que fica dentro da retina, do fluido que fica embaixo dela e dos descolamentos do tecido. Eidenberger *et al.* (2026) descobriram que o volume do fluido dentro da retina é o fator que realmente se relaciona com a perda da visão do paciente. Muitas vezes, a espessura geral do tecido parece normal no exame simples, mas a inteligência artificial revela que ainda existem pequenos cistos de líquido destruindo as células visuais. Medir esse volume exato ajuda o médico a ajustar o tratamento no momento certo, evitando falhas no acompanhamento.

Outra dúvida comum que surge no consultório, ao analisar o OCT de um paciente com degeneração macular, foi abordada no trabalho de Arrigo *et al.* (2024). Em olhos afetados há muito tempo, é frequente encontrar espaços com líquido que parecem cistos ativos, mas que na verdade são apenas "buracos" deixados por tecidos que já morreram e cicatrizaram, chamados de pseudocistos degenerativos.

Arrigo *et al.* (2024) mostraram que a inteligência artificial consegue analisar a transparência e as bordas dessas lesões para dizer com clareza se o cisto é uma inflamação ativa ou se é apenas uma cicatriz antiga. Essa distinção tem um impacto direto na vida do paciente: se for um cisto ativo, ele precisa tomar a injeção no olho; se for um pseudocisto degenerativo, a medicação não vai fazer efeito. A tecnologia evita, assim, que o paciente passe por procedimentos invasivos e desnecessários, reduzindo os custos

do tratamento e protegendo o olho de riscos de infecção.

Se na forma neovascular o desafio é lidar com o acúmulo de líquido, na forma atrófica da degeneração macular (a chamada atrofia geográfica) o problema é o oposto: as células da retina vão morrendo lentamente, criando áreas "desertas" que expandem com o tempo. Como surgiram recentemente os primeiros medicamentos capazes de desacelerar essa perda, conseguir medir se a mancha de atrofia está crescendo ou parando virou uma questão central na oftalmologia.

Nesse ponto, Mai *et al.* (2024) compararam a medição manual tradicional feita por autofluorescência com a medição tridimensional automatizada por inteligência artificial em exames de OCT, utilizando dados dos grandes ensaios clínicos globais OAKS e DERBY. Os autores constataram que a análise feita por inteligência artificial consegue desenhar os contornos da lesão com uma precisão micrométrica que o olho humano não alcança na imagem plana. O sistema remove a dúvida sobre onde a lesão começa e onde ela termina, permitindo notar se os novos remédios estão realmente conseguindo frear o avanço da doença.

Indo além de apenas medir o tamanho da mancha atrófica, Riedl *et al.* (2022) pesquisaram como a medicação pegcetacoplan age nas células que ficam ao redor da lesão. Utilizando algoritmos aplicados ao OCT, os autores mediram a preservação dos fotorreceptores (as células que captam a luz) nas bordas da área afetada.

Riedl *et al.* (2022) observaram que a inteligência artificial conseguiu provar que o tratamento protege a estrutura dos fotorreceptores vizinhos antes mesmo que a célula de suporte abaixo deles morra. Isso significa que a tecnologia consegue enxergar que o remédio está funcionando muito antes de qualquer mudança visível a olho nu, funcionando como uma espécie de "termômetro" precoce da resposta ao tratamento.

Para fechar o panorama, o estudo de Coulibaly *et al.* (2023) investigou como a atrofia evolui ao longo dos anos em diferentes estágios da doença. Utilizando a segmentação de biomarcadores por computador, os autores criaram modelos capazes de prever a velocidade com que cada paciente vai perder visão. Coulibaly *et al*. (2023) notaram que a doença não avança no mesmo ritmo para todo mundo; a velocidade depende da quantidade de tecido saudável que sobrou nas margens e do tipo de desgaste prévio da região. Conseguir prever essa evolução ajuda o médico a conversar de forma transparente com o paciente e a planejar os passos do acompanhamento com anos de antecedência.

Ao cruzar os achados de todos esses trabalhos, percebe-se que a medicina está deixando para trás a época de depender apenas de estimativas visuais e medições manuais. A inteligência artificial surge como um par de olhos extra, capaz de medir volumes, contar células e calcular riscos em segundos (YANG *et al.*, 2025; EIDENBERGER *et al.*, 2026; MAI *et al.*, 2024; RIEDL *et al.*, 2022; COULIBALY *et al.*, 2023; ARRIGO *et al.*, 2024).

Apesar de todos esses avanços, a literatura também lembra que existem cuidados necessários antes de entregar tudo aos computadores. Os programas treinados nos aparelhos de uma marca por vezes perdem precisão quando aplicados em exames de marcas concorrentes. Além disso, a maioria das ferramentas foi testada em populações da Europa, América do Norte e Ásia, sendo preciso validar como elas se comportam em populações mais misturadas como a brasileira. No fim das contas, a inteligência artificial não vem para tomar o lugar do médico, mas sim para dar a ele dados muito

mais exatos, permitindo que as decisões clínicas sejam tomadas com mais segurança e humanidade.

CONCLUSÃO

Diante do exposto, destaca-se que a IA tende a desempenhar um papel cada vez mais relevante na prática médica, especialmente no diagnóstico e no acompanhamento das doenças retinianas, com destaque para a retinopatia diabética e a DMRI. A utilização de algoritmos na análise de retinografias, exames de tomografia de OCT e biomarcadores retinianos pode favorecer a identificação precoce de alterações, o monitoramento da progressão das doenças e a avaliação da resposta ao tratamento, contribuindo para decisões clínicas mais precisas e individualizadas. Entretanto, a incorporação dessas tecnologias à prática clínica ainda enfrenta desafios relacionados à qualidade e à padronização dos dados, à validação dos algoritmos em diferentes populações e à compatibilidade entre equipamentos.

Nesse contexto, a IA deve ser compreendida como uma ferramenta complementar à atuação dos profissionais de saúde, uma vez que a avaliação clínica, o acompanhamento individualizado e a relação entre médico e paciente continuam sendo fundamentais para uma assistência adequada. Portanto, é essencial que os profissionais que já atuam na área e aqueles que ainda estão em formação desenvolvam conhecimentos para utilizar essas ferramentas de maneira ética, crítica e responsável, conciliando os avanços tecnológicos com o conhecimento científico e a humanização do atendimento. Dessa forma, a integração entre a inteligência artificial e a prática médica poderá contribuir para a prevenção da perda visual e para a melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRIGO, A. *et al.* Quantitative multimodal imaging characterization of intraretinal cysts versus degenerative pseudocysts in neovascular age-related macular degeneration. Ophthalmology Retina, v. 8, p. 1118, 2024. doi: 10.1016/j.oret.2024.05.019.

COULIBALY, L.M. *et al.* Progression dynamics of early versus later stage atrophic lesions in nonneovascular age-related macular degeneration using quantitative OCT biomarker segmentation. Ophthalmology Retina, v. 7, p. 762, 2023. doi: 10.1016/j.oret.2023.05.004.

EIDENBERGER, A. *et al.* Correlation of fluid/function using AI-based quantification versus central subfield thickness in patients with neovascular age-related macular degeneration, with or without previous treatment, in a real-world clinical practice setting. Acta Ophthalmologica, v. 104, p. 305, 2026. doi: 10.1111/aos.70000.

MAI, J. *et al.* Quantitative comparison of automated OCT-based geographic atrophy measurements with conventional FAF in the OAKS/DERBY phase 3 clinical trials. Scientific Reports, v. 14, 2024. doi: 10.1038/s41598-024-71496-y.

RIEDL, S. *et al*. Effect of pegcetacoplan treatment on photoreceptor preservation in geographic atrophy monitored by artificial intelligence-based OCT analysis. Ophthalmology Retina, v. 6, p. 1009, 2022. doi: 10.1016/j.oret.2022.05.030.

YANG, Q. *et al.* Use of artificial intelligence with retinal imaging in screening for diabetes-associated complications: systematic review. eClinicalMedicine, v. 81, 2025. doi: 10.1016/j.eclinm.2025.103089.